

Konstruktionsunabhängige Massenabschätzung unter Verwendung der Topologieoptimierung*

*unter Beteiligung von Bombardier Transportation

BOMBARDIER

Dipl.-Ing. **Jens König,**

Dipl.-Ing. Michael Zimmermann,

Dipl.-Ing. Matthias Konzelmann

Institut für Fahrzeugkonzepte

Stuttgart

Wissen für Morgen



Motivation Leichtbau bei Schienenfahrzeugen

Auswahl

- Energiereduktion
- Begrenzung Fahrzeugmasse auf zulässige Radsatzlasten



Quelle: Focus online

Statische Radsatzlast

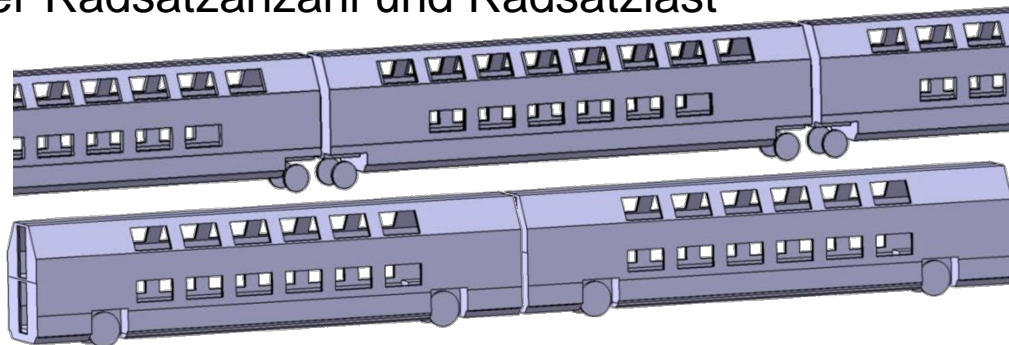
- Höhere Zuladung

	Maximale Betriebsgeschwindigkeit V (km/h)			
	190 ≤ V ≤ 200	200 < V ≤ 230	230 < V ≤ 250	V > 250
Klasse 1			≤ 18 t	≤ 17 t
Klasse 2: Lokomotiven und Triebköpfe	≤ 22,5 t	≤ 18 t	n/a	n/a
Klasse 2: Triebzüge	≤ 20 t	≤ 18 t	n/a	n/a
Klasse 2: Reisezüge mit Lokomotiven	≤ 18 t		n/a	n/a

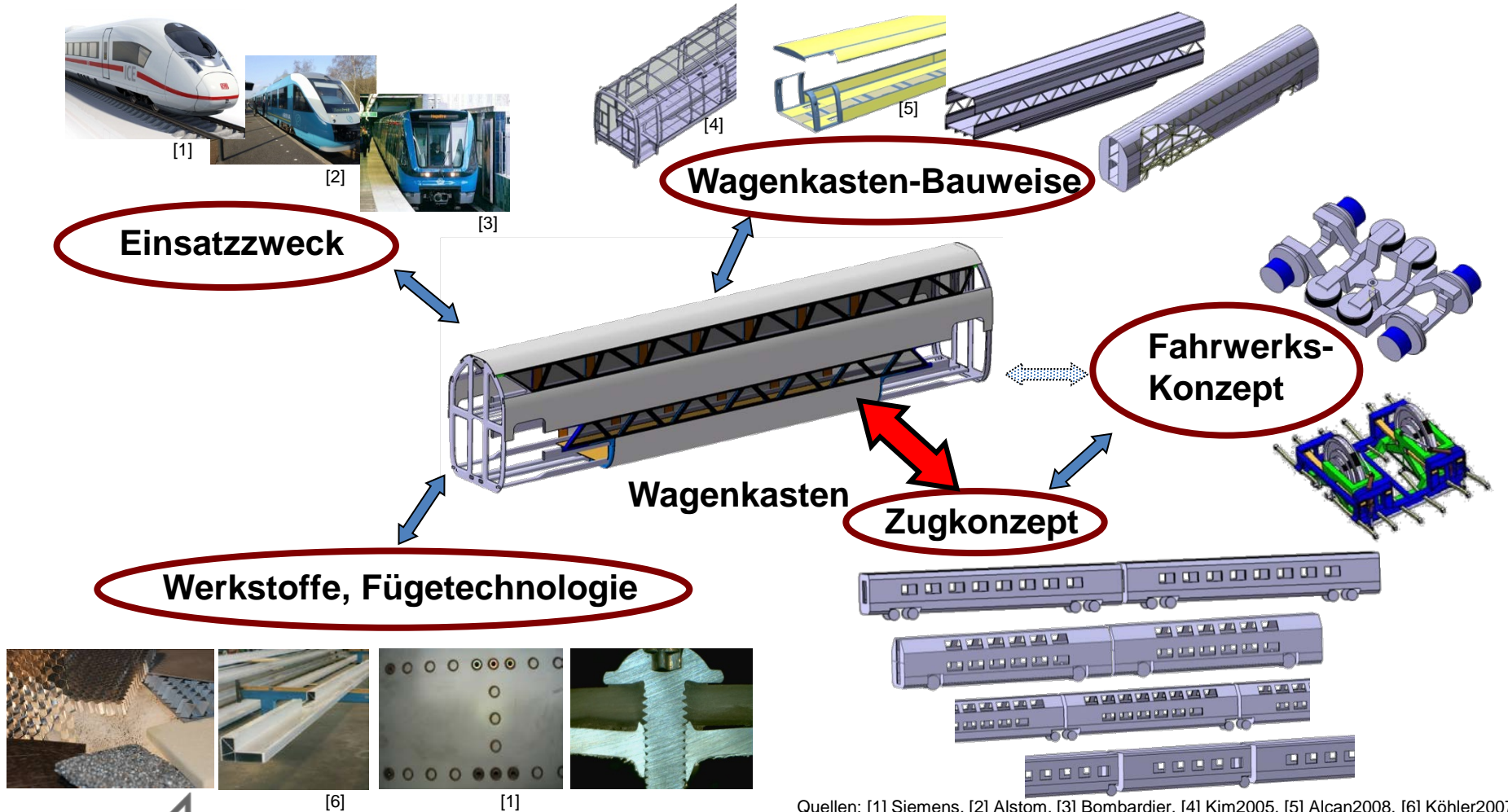
Quelle: TSI Fahrzeug

- Leichte Wagenkästen erlauben größere Wagenlängen bei gleichbleibender Radsatzanzahl und Radsatzlast

- ...



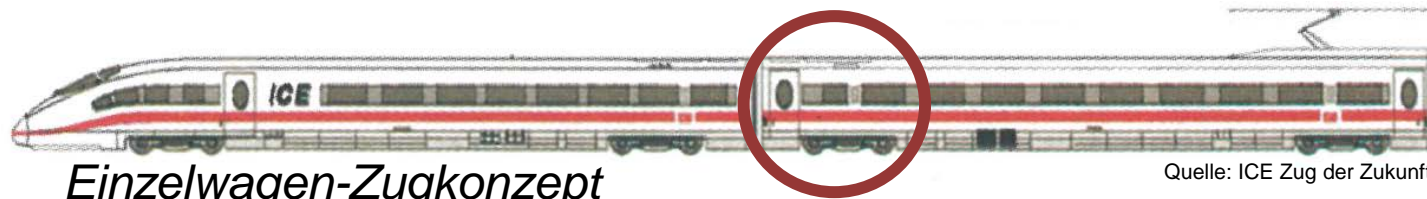
Wechselwirkungen Wagenkasten



Quellen: [1] Siemens, [2] Alstom, [3] Bombardier, [4] Kim2005, [5] Alcan2008, [6] Köhler2007

Stand der Technik

Fazit



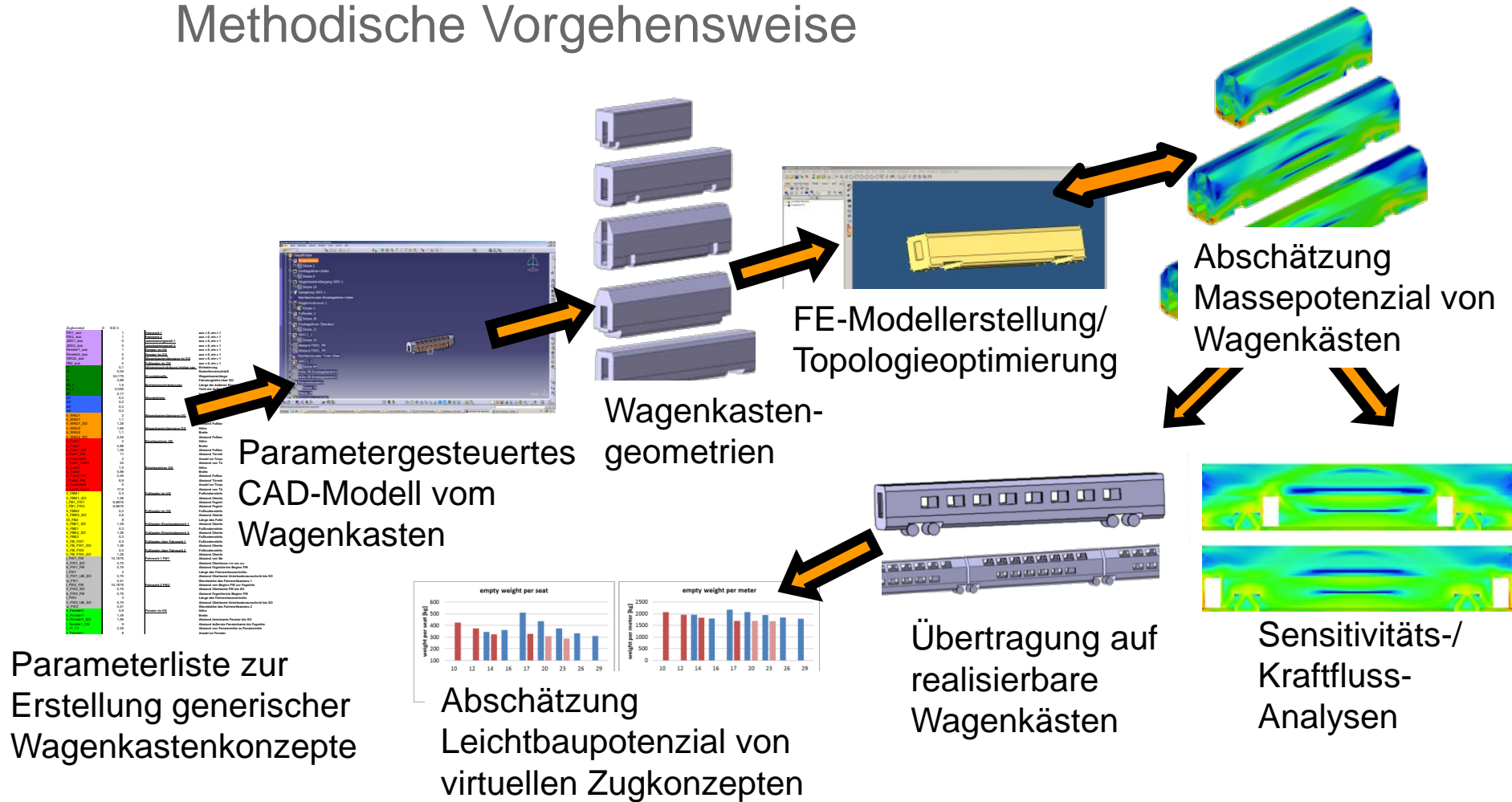
- Längennormierte Wagenkastenmassen bei unterschiedlichen Zugkonzepten und Wagenlängen sehr ähnlich
- Individuelle Anforderungen an realisierte Wagenkästen
→ Vergleichbarkeit eingeschränkt
- ➔ Keine klaren Tendenzen bzgl. Leichtbaupotenzial von Wagenkästen in Abhängigkeit des Zugkonzepts erkennbar

Abhilfe: Methodische Vorgehensweise zur konstruktionsunabhängigen Masseabschätzung von Wagenkästen und Zugkonzepten



Konstruktionsunabhängige Masseabschätzung

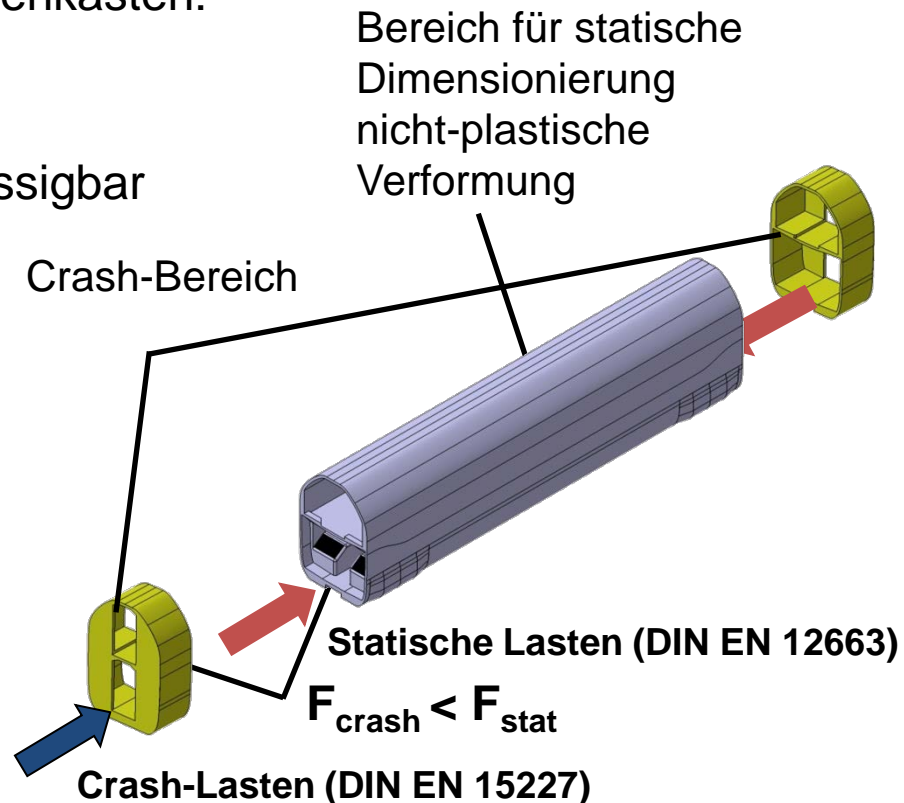
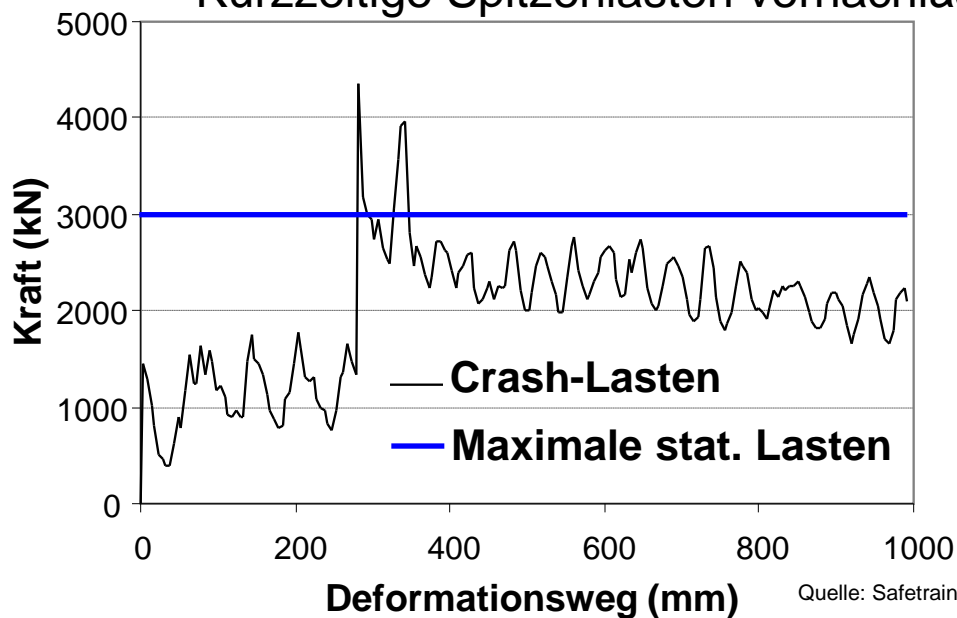
Methodische Vorgehensweise



Konstruktionsunabhängige Masseabschätzung

Statische/dynamische Lasten

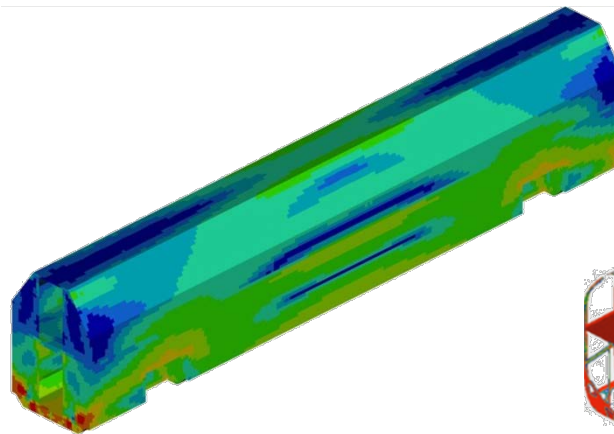
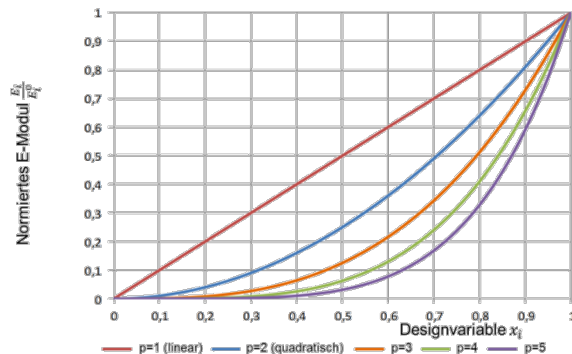
- Anforderungen bzgl. Belastung Wagenkasten:
 - Statische Lasten
 - Dynamische Crash-Lasten
- Kurzzeitige Spitzenlasten vernachlässigbar



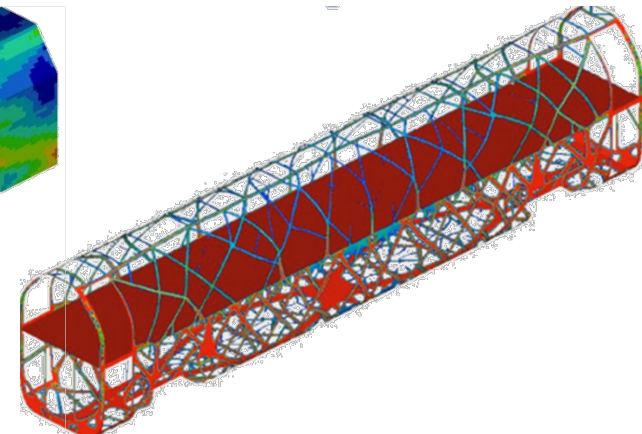
➔ Einsatz von OptiStruct zur konstruktionsunabhängigen Masseabschätzung

Konstruktionsunabhängige Masseabschätzung Topologieoptimierung

- Für Massenabschätzung linearer Zusammenhang von Steifigkeitsverhältnis zu Designvariable zielführend



$p = 1$



$p > 1$

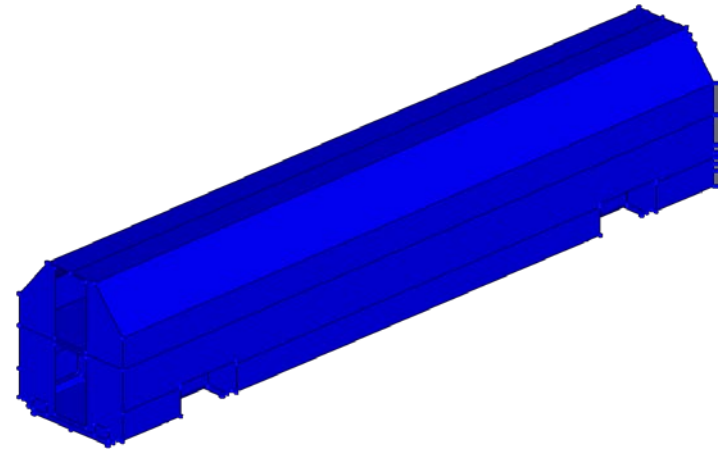
➔ $p = 1$ für Masseabschätzung

➔ $p > 1$ für Konstruktion

Konstruktionsunabhängige Masseabschätzung

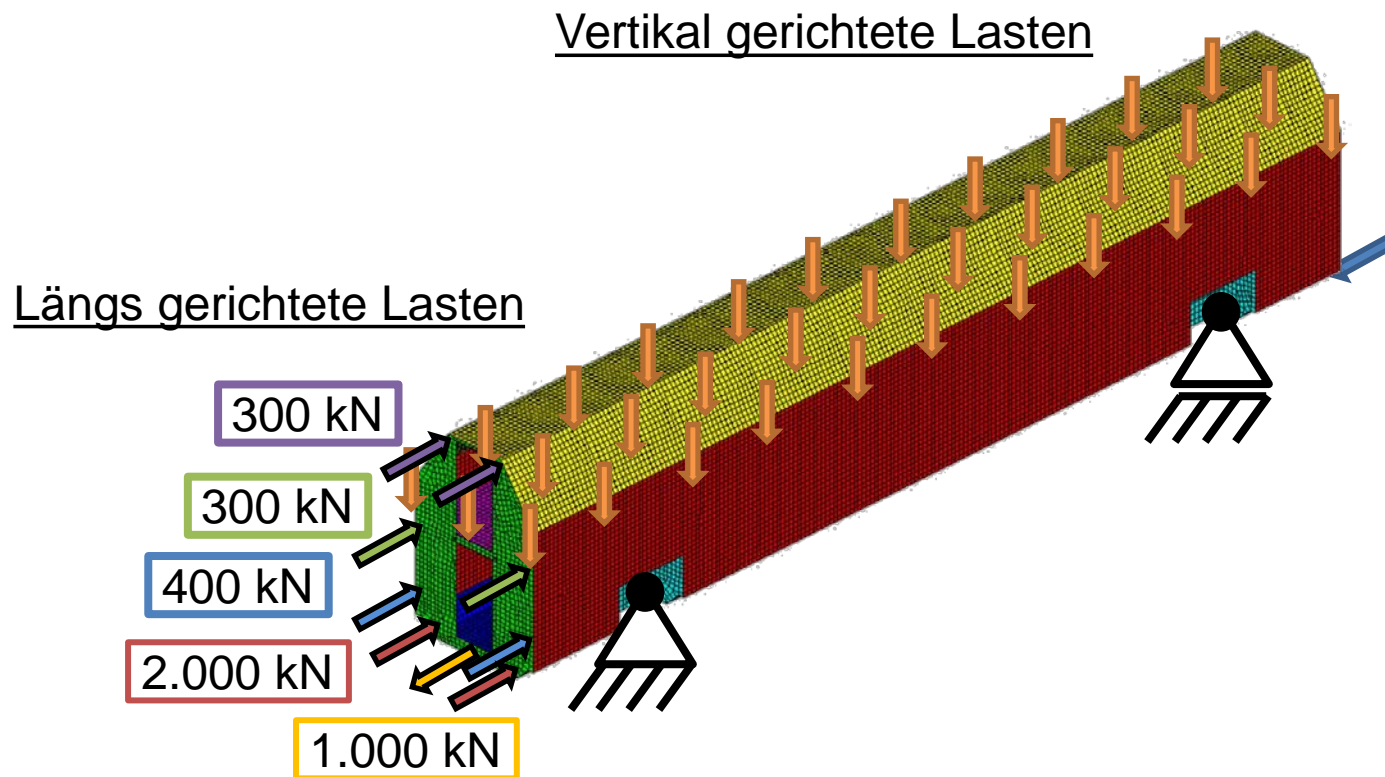
Annahmen (Auswahl)

- Doppelstöckiger Wagenkasten
 - Einzelwagen
 - Brückenfahrzeug
- Werkstoff: Aluminium
- Optimierungsziel: Minimale Masse
- Restriktionen:
 - Maximal zulässigen Verformungen
 - Maximal zulässige Spannung
- Ausschnitte (Türen, Fenster) vernachlässigt → Rückschlüsse aus Topologieoptimierung für Konstruktion
- Topologieoptimierung von Wagenkastenstruktur stellt nur absolut notwendige Tragstruktur dar → sehr leichte Wagenkastenstruktur



Konstruktionsunabhängige Masseabschätzung

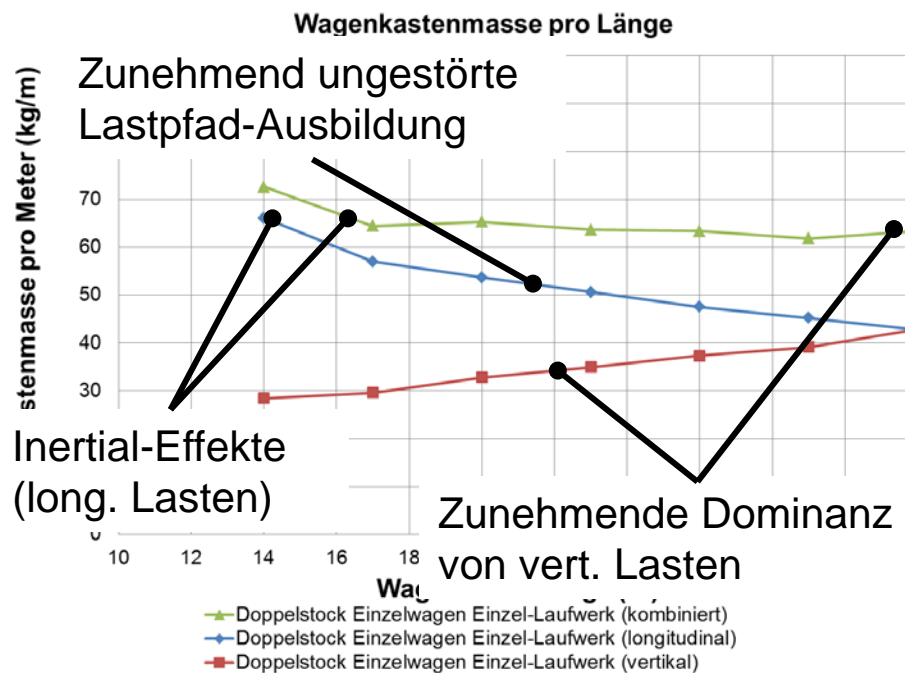
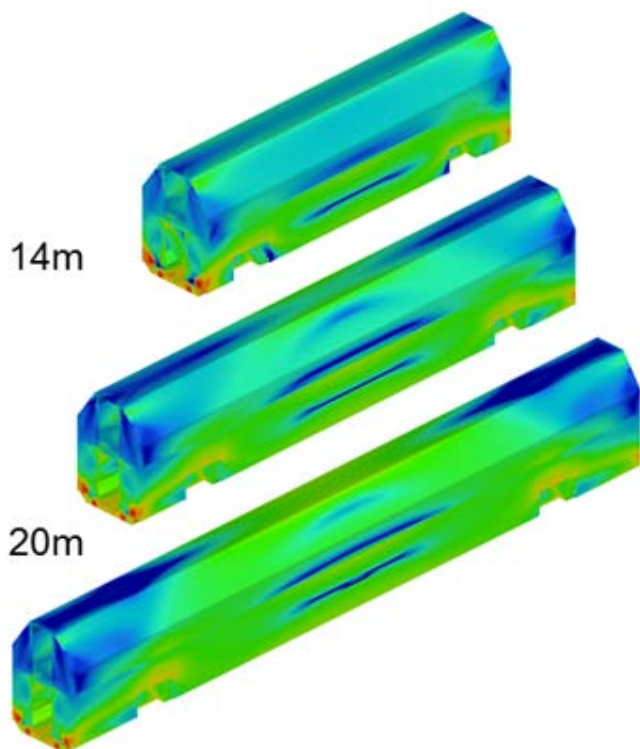
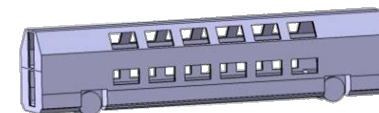
Lasten (Auswahl)



Konstruktionsunabhängige Masseabschätzung

Masseoptimierte Wagenkästen

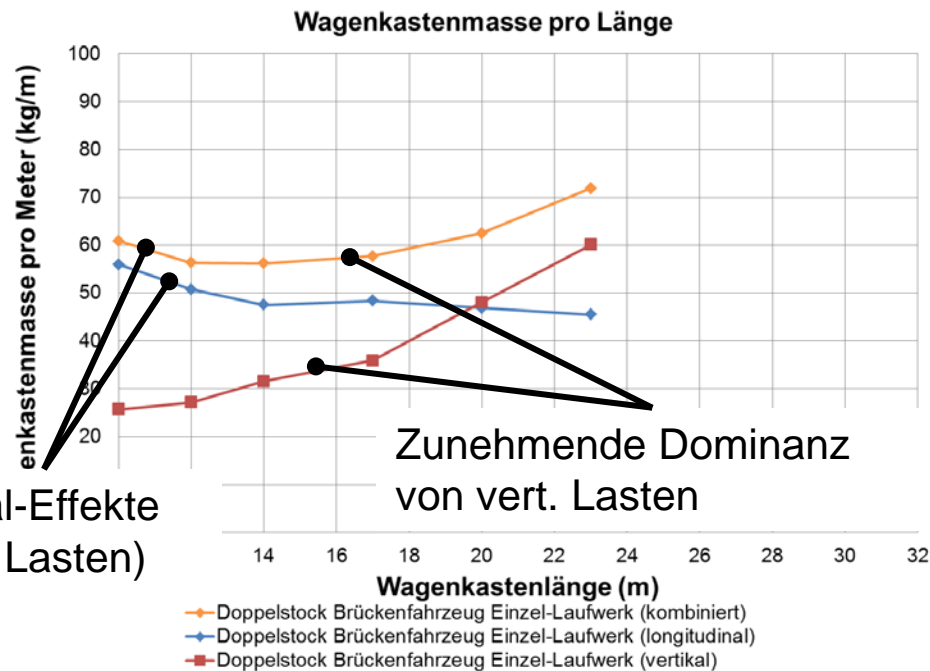
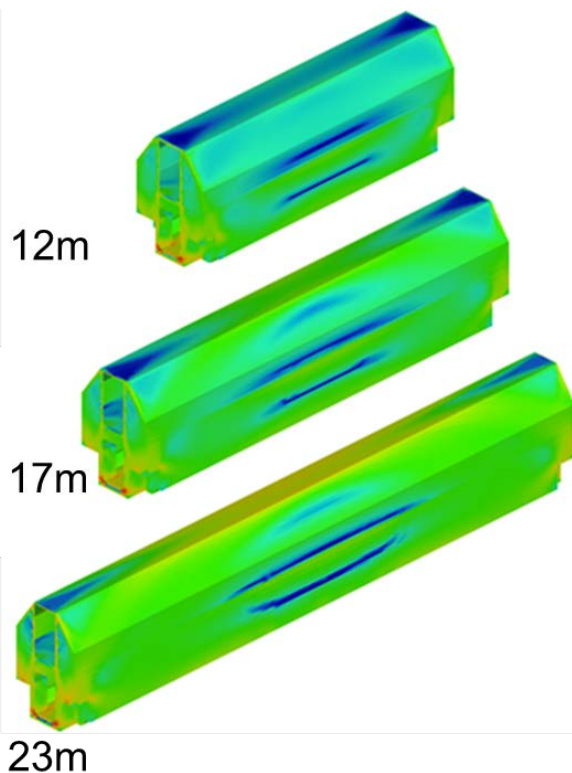
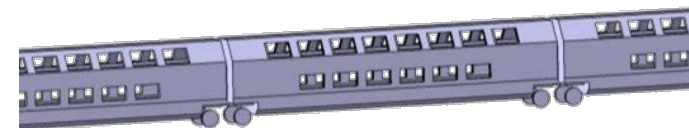
Einzelwagen



Konstruktionsunabhängige Masseabschätzung

Masseoptimierte Wagenkästen

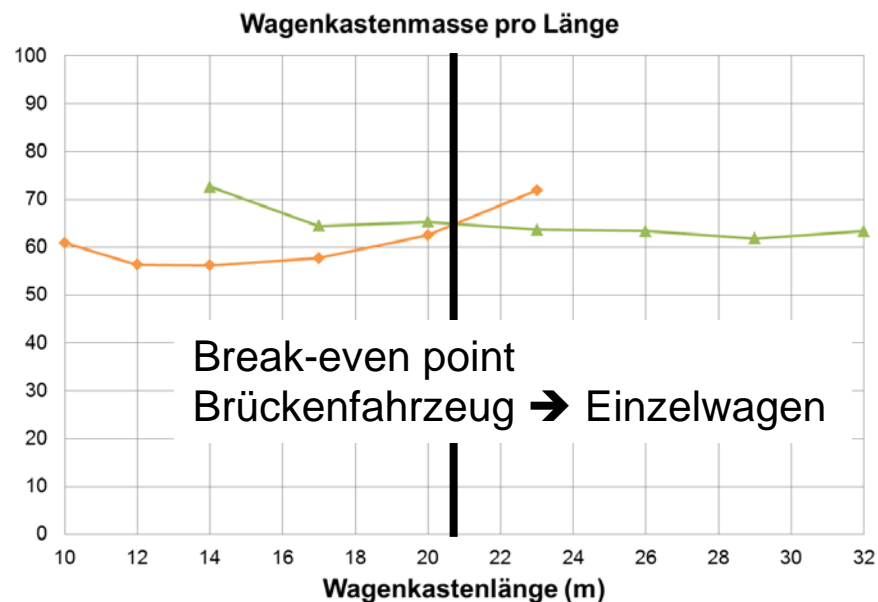
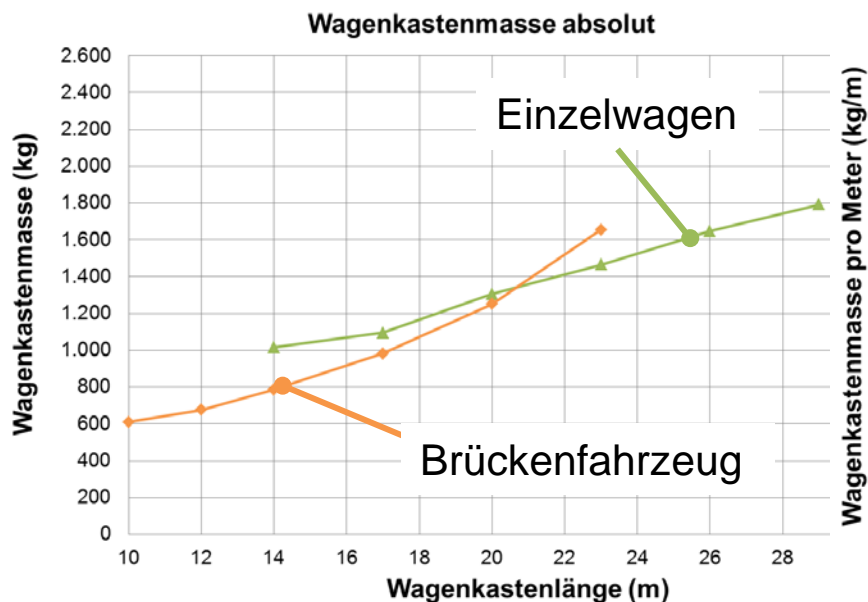
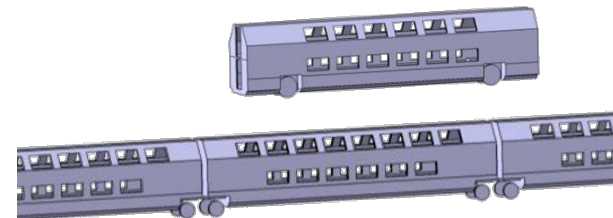
Brückenfahrzeug



Konstruktionsunabhängige Masseabschätzung

Auswertung

Einzelwagen vs. Brückenfahrzeug



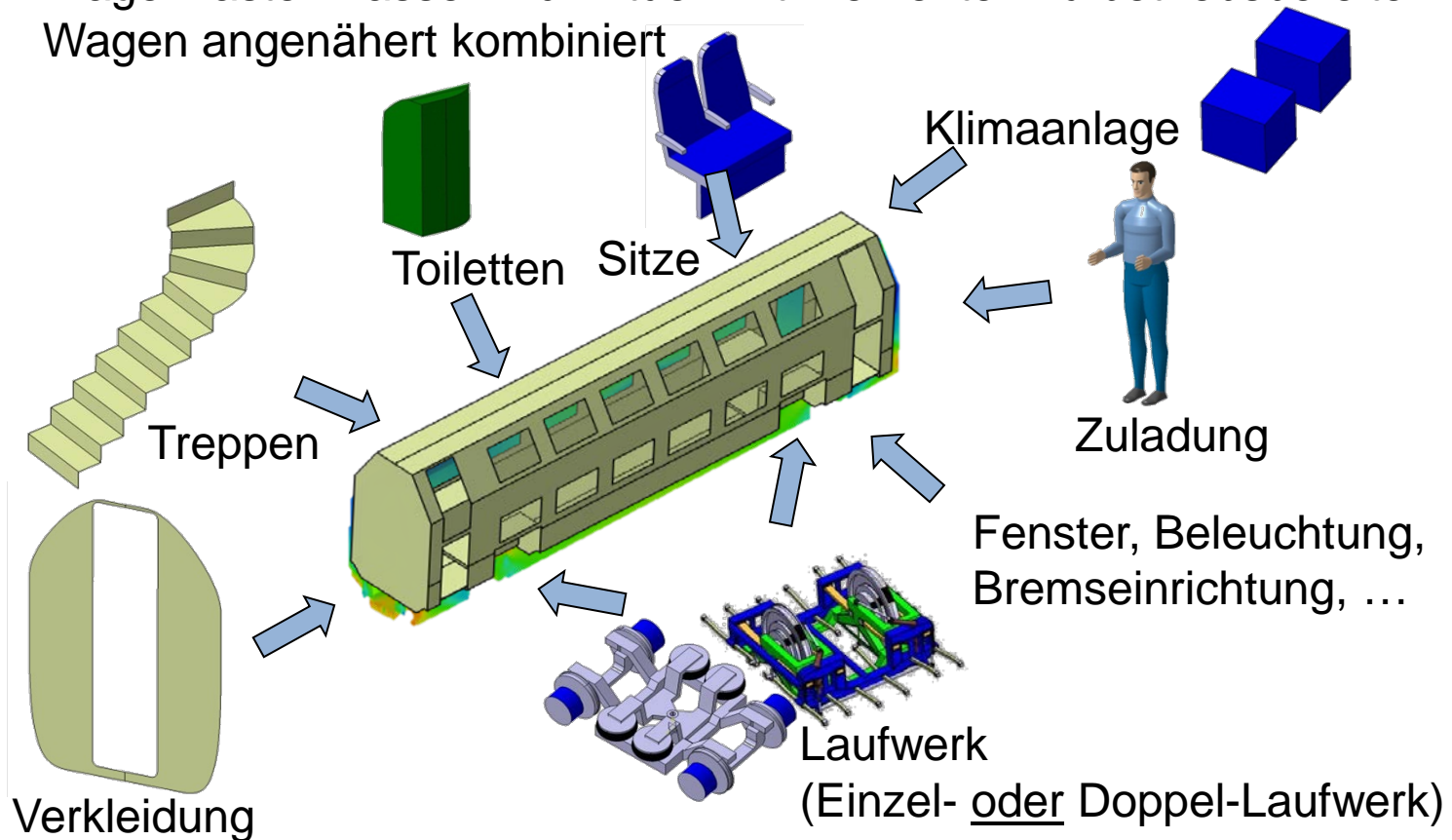
—▲— Doppelstock Einzelwagen Einzel-Laufwerk
 —●— Doppelstock Brückenfahrzeug Einze
 —▲— Doppelstock Einzelwagen Einzel-Laufwerk
 —●— Doppelstock Brückenfahrzeug Einzel-Laufwerk



Methodische Vorgehensweise Zugkonzept

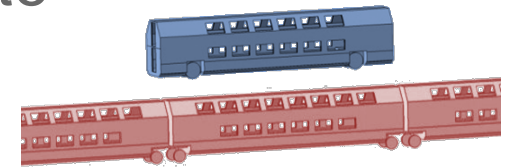
Erstellung virtuelles Zugkonzept

- ➔ Wagenkastenmasse wird virtuell mit Elementen zu betriebsbereitem Wagen angenähert kombiniert

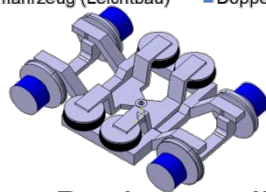
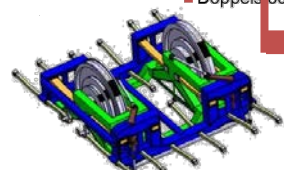
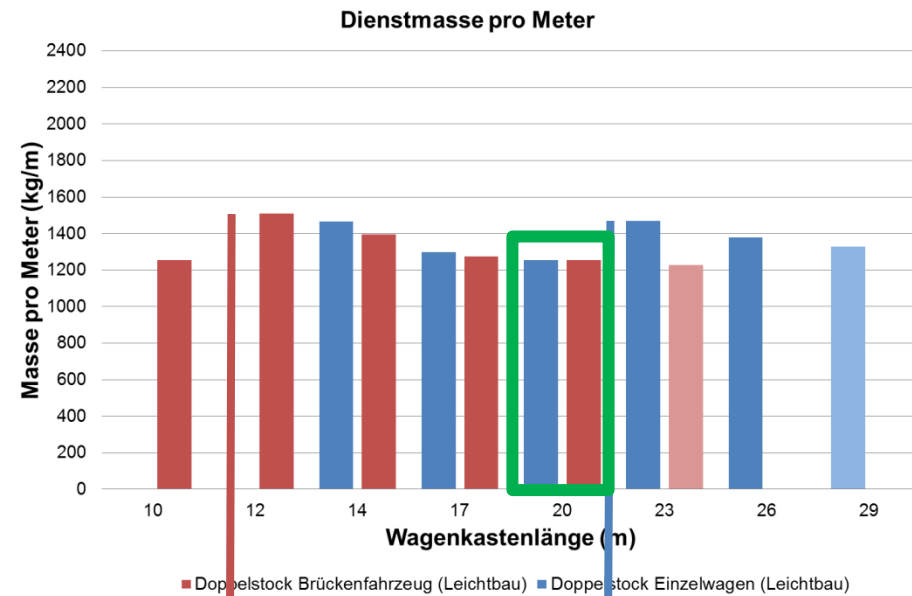
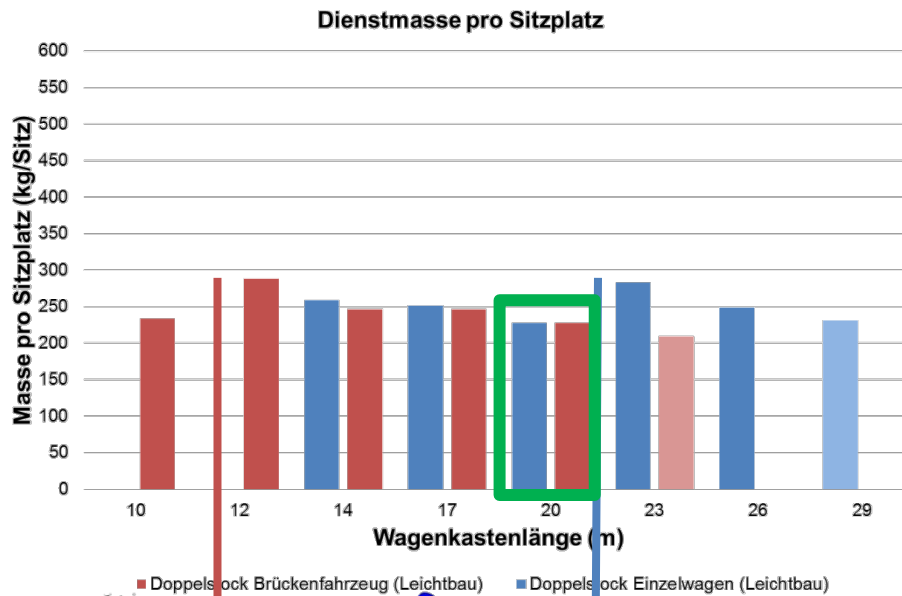


Methodische Vorgehensweise Zugkonzept

Auswertung doppelstöckige Zugkonzepte



- Leichtbau Zugkonzepte



Einzel-Laufwerk → Drehgestelle

Einzel-Laufwerk

Drehgestelle

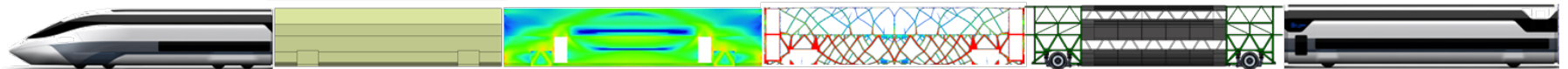


Fazit

- Modifizierter Einsatz von Topologieoptimierung sehr gut geeignet zur Analyse von Effekten/Zusammenhängen zwischen **Lasten \Leftrightarrow Wagenkastenstruktur \Leftrightarrow Wagenkastenmasse**
- Konstruktionsunabhängige Abschätzung des Leichtbaupotenzials von Wagenkästen mittels Topologieoptimierung möglich
- Masseabschätzung/-vergleich von Zugkonzepten in früher Konzeptphase
- Basis für effektiven Konzept-Leichtbau



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!





Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Institut für Fahrzeugkonzepte

Leichtbau und Hybridbauweisen

jens.koenig@dlr.de

Tel.: +49 – 711 – 6862 793

